

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЧАСТНОГО ЖИЛОГО ДОМА

¹Яковлев Л. О., ¹Миронова Л. И.

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

e-mail: leo00@mail.ru, mirmila@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются различные мероприятия по повышению энергоэффективности и качества жизни на примере частного жилого дома, расположенного в окрестностях г. Екатеринбурга. Особенность исследования состоит в широте комплекса рассматриваемых мероприятий и условий их применения. В работе представлены экономические расчеты и приводятся рекомендации по применению различных мероприятий в зависимости от стоимости различных энергоносителей.

Ключевые слова: экспресс-метод оценки экономического эффекта мероприятия по повышению энергоэффективности частного здания, срок окупаемости теплоизоляции, срок окупаемости рекуператора вентиляционной системы, срок окупаемости стеклопакетов с повышенным теплосоппротивлением.

COST-ANALYSIS OF MEASURES TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY OF THE PRIVATE DWELLING

L. Yakovlev¹, L. Mironova¹

¹Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

e-mail: leo00@mail.ru, mirmila@mail.ru

Annotation. Using a private dwelling near Ekaterinburg as an example, this paper considers various measures to improve energy-efficiency and quality-of-life. The approach was innovative in that a wide range of practical applications utilising various measures and conditions were analysed. This paper offers a cost-analysis that provides recommendations as to options depending on the cost of the differing energy carriers.

Key words: snap cost-benefit analysis of measures improving energy-efficiency of an individual building; payoff period for building insulation; payoff period for ventilation systems waste heat-exchangers; payoff period for double-glazing with improved heat-resistance.

1. Актуальность проблемы

Широко обсуждаемая тема повышения энергоэффективности экономики зачастую оставляет вне поля внимания отрасль частного домостроения, где превалируют примитивные экономические расчеты с коротким горизонтом планирования, а основным ориентиром качества строительных объектов являются архитектурные формы, внешний вид и цена применяемых отделочных материалов.

Цель настоящего исследования – отбор ряда мероприятий по повышению энергоэффективности частного здания, расчет экономической эффективности их применения, сравнительный анализ полученных результатов и рекомендации по их применению.

Несмотря на то, что проблема повышения энергоэффективности экономики обсуждается в России уже более десятилетия, заложена законодательная база, до сих пор

не разработаны простые и эффективные механизмы экономической оценки, результаты которых были бы понятны широкому кругу пользователей и являлись основанием для принятия решений. Достаточно подробные и объемные нормативные документы [1] и [2] требуют большого количества времени и знаний для их использования. Данное исследование призвано создать такой механизм, привести примеры его применения в различных условиях, а также дать оценку самым популярным мерам снижения энергозатрат здания.

2. Методика экономической оценки мероприятий по повышению энергоэффективности

Экономическую оценку предлагается производить на основании простого показателя – дисконтированного срока окупаемости, то есть величины, показывающей, как скоро окупятся сделанные инвестиции и получаемая экономия начнет обращаться прибылью по сравнению с альтернативным источником дохода, которым для частного домовладельца чаще всего является банковский вклад.

Дисконтированный срок окупаемости рассчитывается по формуле

$$DPP = n, \text{ при котором } \sum_{t=1}^n \frac{CF * (1+i)^{t-1}}{(1+r)^t} \geq I,$$

где t – количество лет, I – стоимость мероприятия, r – ставка дисконтирования, i – ставка инфляции.

Экономический эффект от мероприятия за 1 год

$$CF = (Q_{\text{исх}} - Q_{\text{изм}}) * P \quad (1)$$

где Q – количество израсходованного энергоресурса в кВт*час в год согласно формулы, P – цена энергоресурса в руб./кВт*час.

$$Q = \text{ГСОП} * 24 * U_i * a_i.$$

Для плоских элементов, где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, определяются согласно раздела 1 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», U_i – коэффициент теплопередачи однородной i -й части фрагмента теплозащитной оболочки здания, Вт/(м²·°С), a_i – площадь плоского элемента конструкции i -го вида, приходящаяся на 1 м² фрагмента теплозащитной оболочки здания или выделенной ограждающей конструкции, м²/м², определяются согласно формуле 5.2 [3].

Исходной точки экономической оценки является стоимость энергоресурса, поэтому эффективность будет рассматриваться при различных исходных условиях, в соответствии со следующими допущениями:

Исходные условия:

- отопление здания осуществляется индивидуальным газовым котлом со средним КПД 90 %, стоимость 1000 м³ природного газа составляет 4300 руб. Таким образом, стоимость 1 кВт тепловой энергии, исходя из теплоты сгорания природного газа (40 МДж/м³), составляет $P = 0,48$ руб. за кВт·час;
- отопление осуществляется с помощью угольного котла, $P = 0,9$ руб. кВт·час;
- отопление осуществляется с помощью пеллетного котла или от теплоцентрали, $P = 1,3$ руб. за кВт·час;
- отопление осуществляется с помощью котла на сжиженном газе, $P = 2$ руб. за

кВт·час;

- отопление осуществляется с помощью электричества, $P = 3$ руб. за кВт·час;

Стоимость отопления рассчитана исходя из средней цены энергоресурсов в данной местности и среднего КПД источников тепла.

Допущение 1. Ставка дисконтирования принимается равной средней доходности депозитов на текущую дату $r = 7\%$.

Допущение 2. Повышение стоимости энергоресурсов равняется среднему историческому за последние 5 лет $i = 6\%$ в год.

Допущение 3. Эффективность пластинчатого рекуператора $k = 0,5$ [6].

Общая характеристика исследуемого объекта строительства

Общая площадь дома: 128,771 м²; этажность – 2 этажа.

Приведенное сопротивление теплопередаче стен $R_0^{пр} = 3,06$ (м²·°C)/Вт, что немного меньше требуемого $R_0^{тр} = 3,36$ (м²·°C/Вт), приведенное сопротивление теплопередаче остальных ограждающих конструкций – кровли ($R = 4,91$) и пола ($R = 6,042$) выше требуемого ($R = 4,42$).



Рис. 1. Вид частного жилого дома в пос. Молебка (Свердловская обл.)

Приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных конструкций: $R_{опр} = 0,73$ (м²·°C)/Вт выше нормируемого, равного $R_0^{тр} = 0,57$ (м²·°C)/Вт.

Сопротивление утепленных дверей составляет $R_0 = 0,85$ (м²·°C)/Вт, что незначительно меньше требуемого, равного $R_0^{тр} = 0,855$ (м²·°C)/Вт.

Согласно формулы Ж.4 Приложения Ж к СП 50.13330.2012 [3], удельная теплозащитная характеристика здания составляет $k_{об} = 0,41$, что значительно больше нормируемой согласно формулы 5.5 СП 50.13330.2012 [3] величины $k_{об} = 0,2$.

Теплозащитные характеристики здания в целом соответствуют нормам и являются типичными для массового индивидуального жилищного строительства, расчет производился согласно СП 131.13330.2012 на основании проекта здания [4].

Экономический эффект мероприятий по повышению энерго-эффективности здания**Мероприятие 1. Добавление теплоизолирующего элемента в стену**

Добавление плиты из экструдированного пенополистирола толщиной 100 мм между основной кладкой и облицовочным кирпичом. Стоимость мероприятия принимаем по рыночным расценкам.

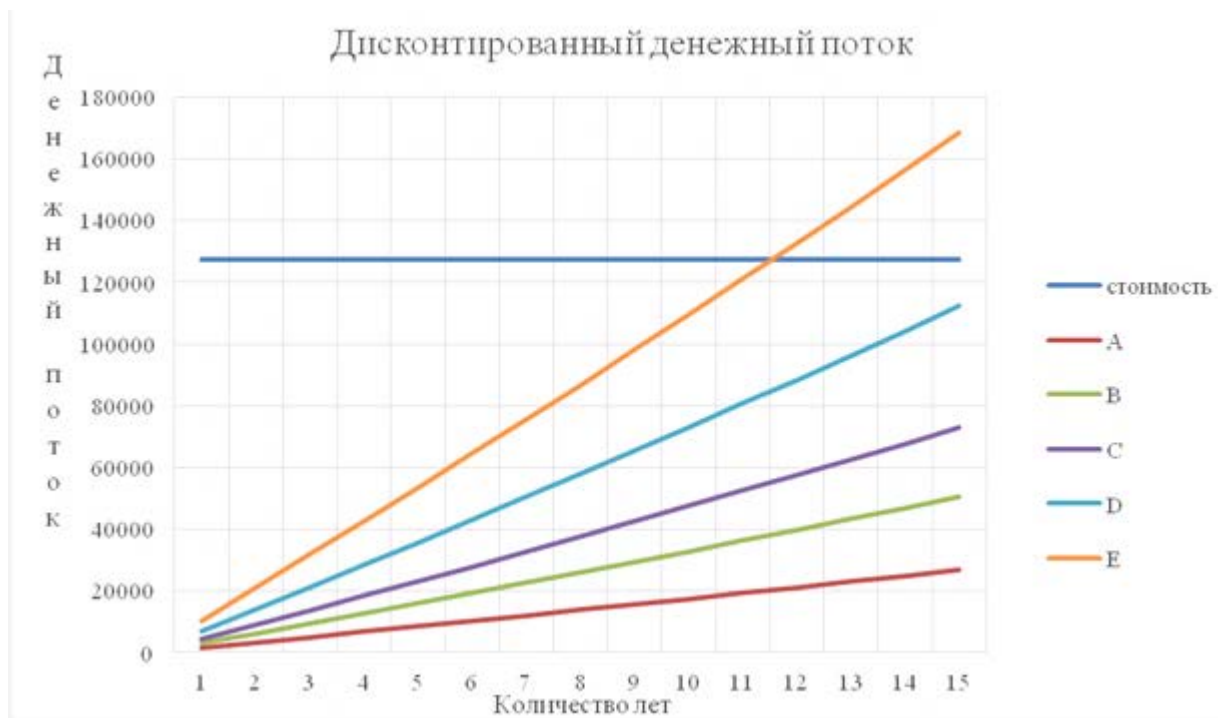


Рис.2. Экономическая эффективность применения дополнительной теплоизоляции

На рис.2 видно, что применение дополнительной изоляции сверх установленных норм на горизонте 20 лет имеет эффективность только при использовании весьма дорогих источников энергии

Мероприятие 2. Замена стеклопакетов на пакеты с двумя низкоэмиссионными стеклами с заполнением криптоном.

Сравнение проводится с обычными стеклопакетами с тройным остеклением и 5-камерным профилем. Толщина пакета – 42 мм. Стоимость мероприятия принимаем как разницу в стоимости светопрозрачных конструкций.

Из рис. 3 следует, что окупаемость мероприятия составит максимум 10 лет. Мероприятие можно считать обязательным к применению.

Мероприятие 3. Установка несущих теплоизоляционных элементов Schoeck Isokorb.

За стоимость мероприятия принимаем стоимость элементов согласно программы производителя.

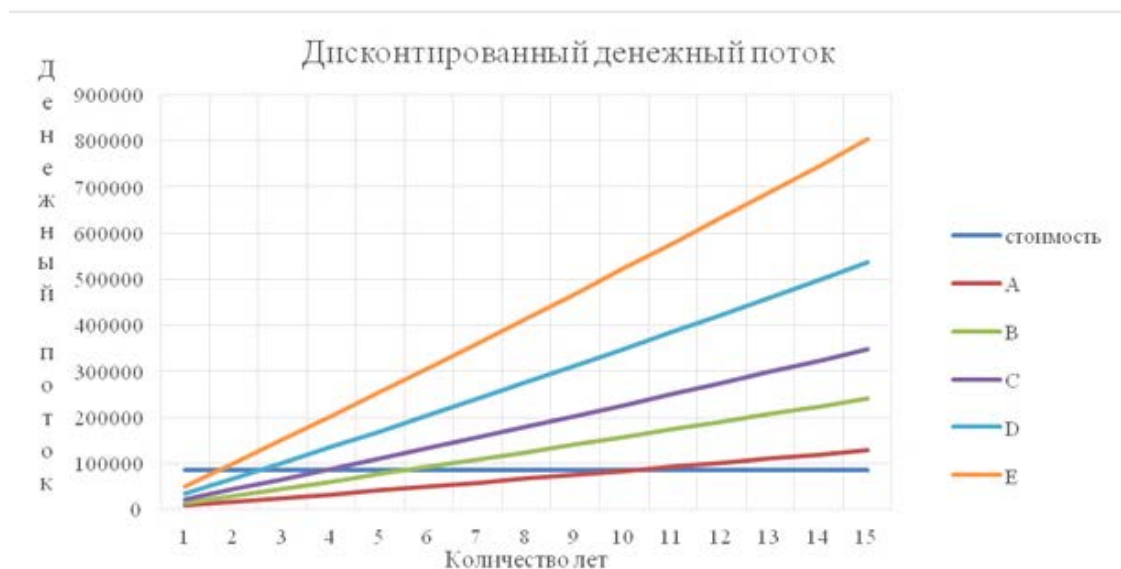


Рис. 3. Экономическая эффективность применения дополнительной теплоизоляции

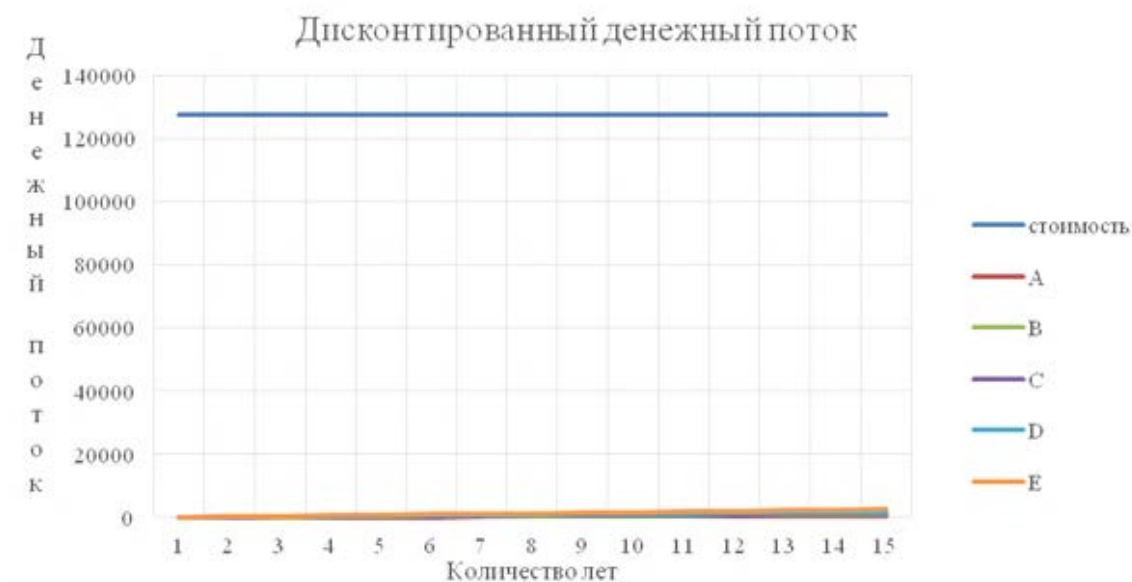


Рис. 4. Экономическая эффективность применения теплоизоляционных несущих элементов

Рис.4 позволяет сделать вывод об экономической неэффективности данного решения.

Мероприятие 4. Установка грунтового теплового насоса мощностью 24 кВт.

Средний тариф (дневной + льготный) в месте нахождения объекта с составляет примерно 2,20 руб./кВт. Сравнение проводится с учетом стоимости остальных видов источников тепла.

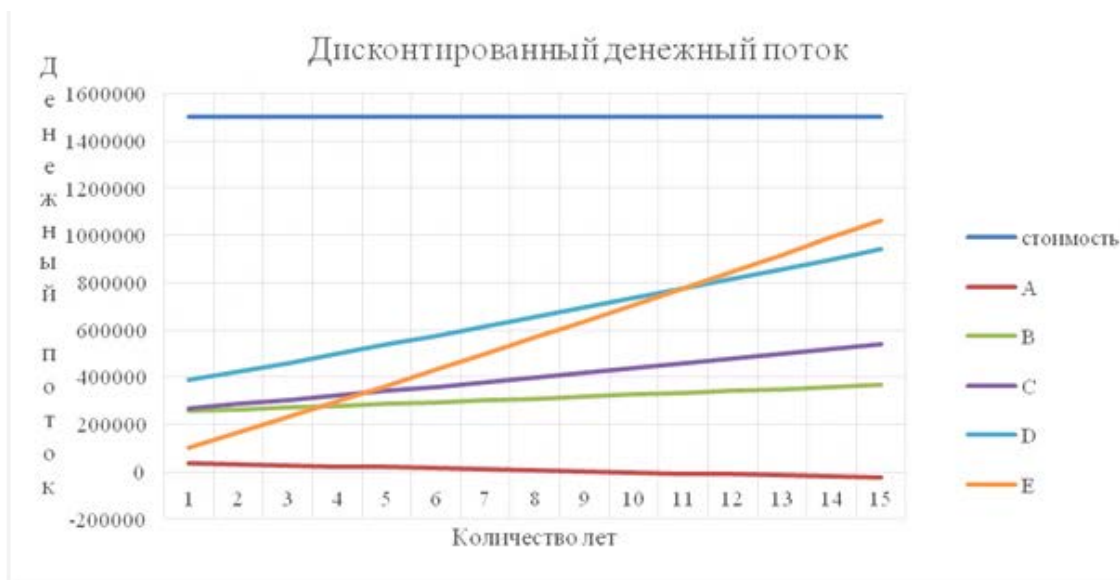


Рис. 5. Экономическая эффективность применения грунтового теплового насоса

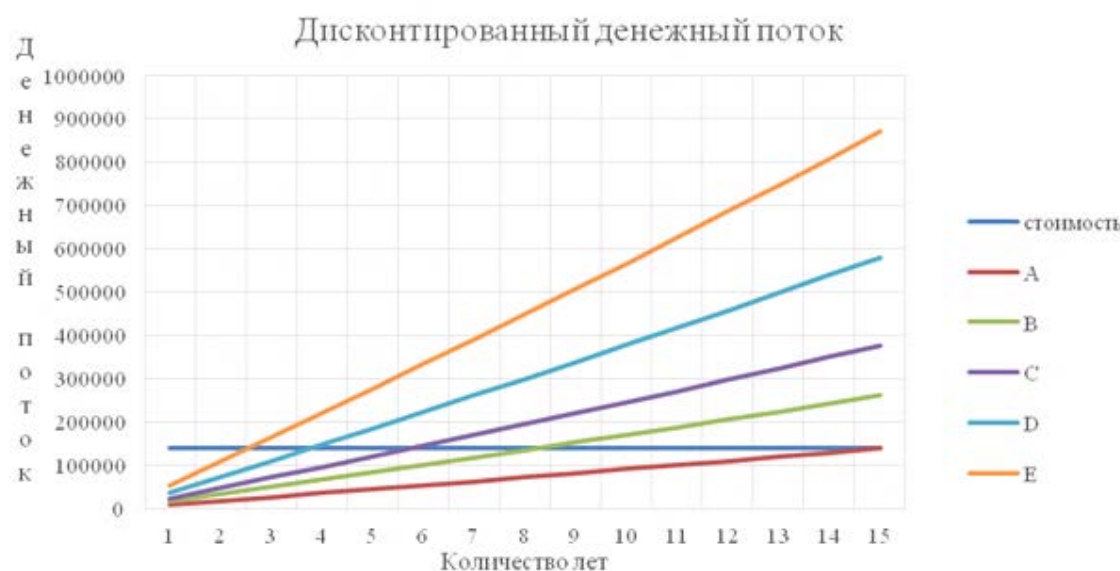


Рис. 6. Экономическая эффективность применения рекуператора вентиляционной установки производительностью 700 м³/час

Мероприятие является экономически неэффективным и не может быть рекомендовано к применению.

Мероприятие 5. Установка вентиляционного агрегата с рекуператором.

Отапливаемый объем здания – 470 м³. Кратность вентиляции для коттеджей – 1,5.

Расчет годового расхода тепла на подогрев приточной вентиляции выполняется согласно методике, предложенной коллективом кафедры отопления и вентиляции МГСУ [5]

За стоимость мероприятия принимается разница в стоимости вентустановок среднего ценового диапазона с рекуператором и без него составляет.

Во всех случаях, кроме газового отопления (А), эффективность использования рекуператора очевидна. Однако это связано с высокими удельными затратами на киловатт установленной мощности рекуператора для систем малой производительности.

Рассмотрим установку производительностью не менее 1500 м³/час.

В этом случае срок окупаемости при использовании газового источника тепла составит 9,5 лет, а при использовании электрического нагревателя окупаемость составит менее 2 лет.

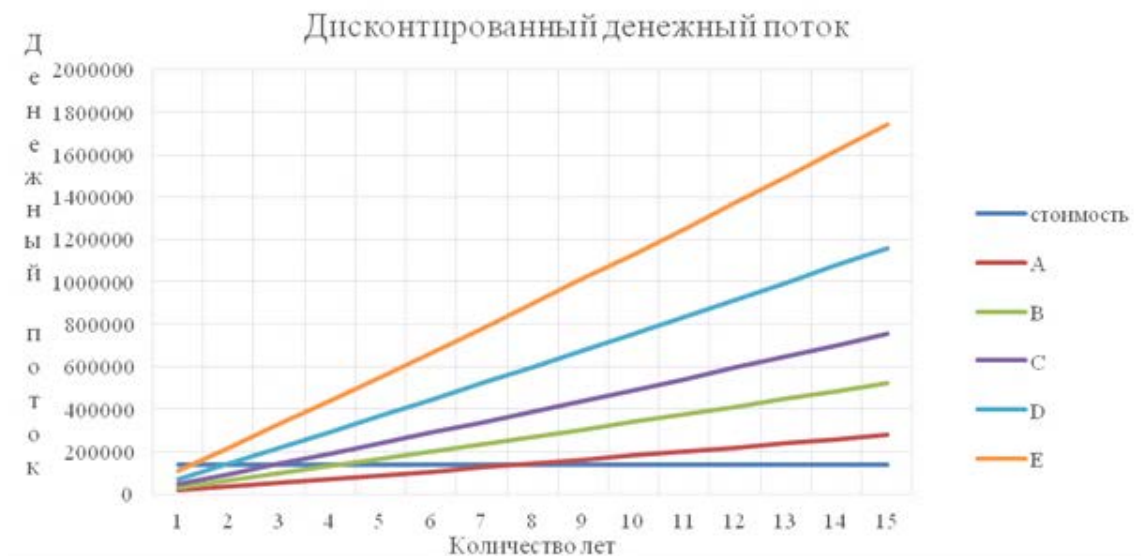


Рис. 7. Экономическая эффективность применения рекуператора вентиляционной установки производительностью 1500 м³/час

Заключение

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Предлагаемый способ экспресс-оценки эффективности мероприятий является достаточно простым и может быть применим для этой цели.

1. На примере рассмотренного индивидуального жилищного дома можно сказать, что действующие строительные нормы по теплозащите зданий в Российской Федерации являются экономически обусловленными и в данный момент в пересмотре не нуждаются.

3. Самыми эффективными мероприятиями по снижению энергозатрат и повышению качества и комфортности зданий малого размера являются установка окон с высокими теплозащитными характеристиками и вентиляционных установок с рекуператорами.

Список литературы

1. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. Методические рекомендации по расчету эффектов от реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. // сайт Министерства строительства РФ <http://www.minstroyrf.ru/upload/iblock/c96/metodicheskie-ukazaniya-rascheta-effektivnosti.pdf> (последняя дата обращения: 10.09.2018)
2. РД 153-34.1-09.321-2002 Методика экспресс-оценки экономической эффективности энергосберегающих мероприятий на ТЭС.
3. СП 230.1325800.2015 Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей.
4. Проект частного жилого дома // ресурс <https://yadi.sk/d/nbuKwU9RJ02H2w> (последняя дата обращения: 20.09.18)
5. Кувшинов Я.Ю. Расчет годовых расходов энергии системами вентиляции и кондиционирования воздуха // интернет-журнала "АВОК" №7'2006. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3373 (последняя дата обращения: 09.09.18).
6. Кокорин О. Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха (систем ВОК). – М. : Проспект, 1999.